

# CONTROLLER FOR ENGINE

Patent number: JP2003222036  
 Publication date: 2003-08-08  
 Inventor: TETSUNO MASAYUKI; TAGA JUNICHI  
 Applicant: MAZDA MOTOR

Classification:

- international: F02D9/02; F02D21/08; F02D41/02; F02D41/04;  
 F02D41/18; F02D43/00; F02D45/00; F02M25/07;  
 F02D9/02; F02D21/00; F02D41/02; F02D41/04;  
 F02D41/18; F02D43/00; F02D45/00; F02M25/07; (IPC1-  
 7): F02D21/08; F02D9/02; F02D41/02; F02D41/04;  
 F02D41/18; F02D43/00; F02D45/00; F02M25/07

- european:

Application number: JP20020022514 20020130

Priority number(s): JP20020022514 20020130

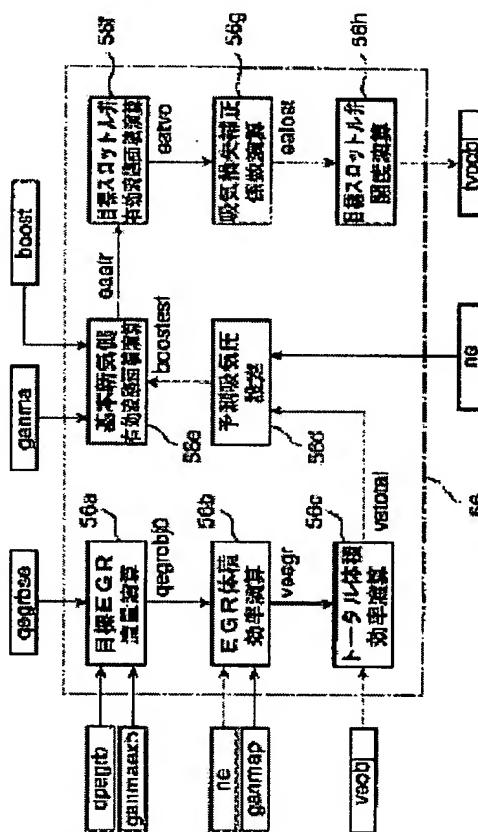
Report a data error here

## Abstract of JP2003222036

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To rapidly switch a combustion mode while preventing combustion stability from being lowered or emission properties from being deteriorated in a switching transient period of the combustion mode.

**SOLUTION:** The controller for an engine comprises a predicted intake pressure setting means 56d for obtaining a predicted intake pressure immediately after switching of the combustion mode, based on a value corresponding to a total sum of a target intake flow rate obtained in response to a drive state and a target EGR flow rate and a rotational speed of the engine. Thus, the controller drives an intake amount adjusting means based on a predicted value of the intake pressure when the intake amount adjusting means is driven in a direction for increasing the intake amount in a switching transient period of the combustion mode, and controls to open or close an EGR valve based on the detected value of the intake pressure.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-222036

(P2003-222036A)

(43)公開日 平成15年8月8日(2003.8.8)

| (51)IntCl. <sup>7</sup>              | 識別記号  | F I           | テームコード(参考)        |
|--------------------------------------|-------|---------------|-------------------|
| F 0 2 D 21/08                        | 3 0 1 | F 0 2 D 21/08 | 3 0 1 A 3 G 0 6 2 |
| 9/02                                 |       | 9/02          | Q 3 G 0 6 5       |
|                                      |       |               | S 3 G 0 8 4       |
| 41/02                                | 3 1 0 | 41/02         | 3 1 0 E 3 G 0 9 2 |
| 41/04                                | 3 0 5 | 41/04         | 3 0 5 B 3 G 3 0 1 |
| 審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁) 最終頁に続く |       |               |                   |

(21)出願番号 特願2002-22514(P2002-22514)

(22)出願日 平成14年1月30日(2002.1.30)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 饒野 雅之

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 田賀 淳一

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74)代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外2名)

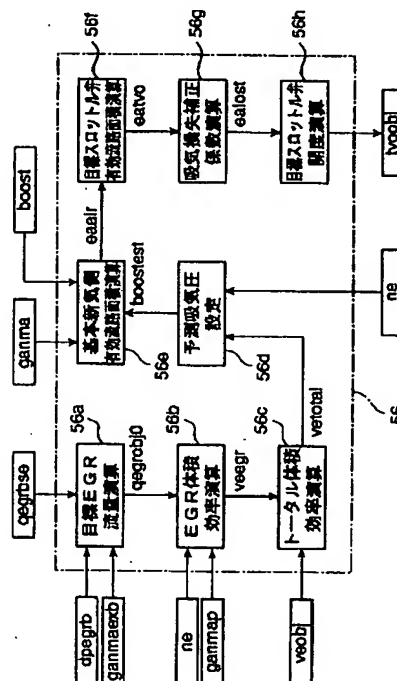
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンジンの制御装置

(57)【要約】

【課題】 燃焼モードの切替過渡期に、燃焼安定性の低下やエミッション性の悪化を防止しつつ、迅速に燃焼モードの切替を行う。

【解決手段】 運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標EGR流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて燃焼モードの切替直後における予測吸気圧を求める予測吸気圧設定手段56dを備え、燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧力の予測値に基づいて吸気量調節手段を駆動するとともに、吸気圧力の検出値に基づいてEGR弁を開閉制御するように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 吸気通路の途中に設けられた吸気圧調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気圧調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流圧制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記燃焼モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧の予測値に基づいて吸気圧調節手段を駆動するとともに、吸気圧の検出値に基づいて EGR 弁を開閉制御するように構成したことを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 2】 上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を減少させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧の検出値に基づいて吸気圧調節手段を駆動するとともに、吸気圧の予測値に基づいて EGR 弁を開閉制御するように構成したことを特徴とする請求項 1 記載のエンジンの制御装置。

【請求項 3】 吸気通路の途中に設けられた吸気圧調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気圧調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流圧制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、吸気圧の予測値に基づいて吸気圧調節手段を駆動し、吸気量を減少させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、吸気圧の検出値に基づいて吸気圧調節手段を駆動するように構成したことを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 4】 吸気通路の途中に設けられた吸気圧調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気圧調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流圧制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、吸気圧の検出値に基づいて EGR 弁の開度を制御し、吸気量を減少させる方向に吸気圧調節手段を駆動する場合には、吸気圧の予測値に基づいて EGR 弁の開度を制御するように構成したことを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 5】 吸気通路の途中に設けられた吸気圧調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気圧調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流圧制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、上記吸気圧の予測値に基づいて上記吸気圧調節手段と EGR 弁との操作量をそれぞれ制御するように構成したことを特徴とするエンジンの制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する

排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、例えば特開平11-236857号公報に示されるように、エンジンの排気系から吸気系への排気ガスの還流量を調節するEGR弁と、エンジンの運転状態に応じて上記EGR弁を開閉制御するとともに、特定運転領域で燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりもリーン側となるように燃焼状態を設定するモード設定手段と、エンジンの燃焼室への全吸入ガス量を検出する全吸入ガス量検出手段と、排気ガスの還流量を求める手段と、上記全吸入ガス量、排気ガスの還流量および空燃比に基づき、還流排気ガス中に含まれる既燃ガスの全吸入ガス量に対する割合を算出する既燃ガス割合演算手段と、この既燃ガス割合演算手段により算出された既燃ガス割合が運転状態に応じて設定された目標値と一致するように上記EGR弁の開度を制御する制御手段を備えたエンジンの制御装置が知られている。

【0003】そして、上記エンジンの制御装置は、吸気量が少ないとともに、排気ガスの還流量が略0となる均一燃焼モードから、吸気量が多いとともに、所定量の排気ガスが吸気通路に還流される成層燃焼モードへの切替過渡期に、EGR弁を開放状態に移行させるのを待機しつつ、燃焼モードの移行を実行してスロットル弁を開方向に駆動し、スロットル弁の開度が充分に大きくなって燃焼モードの移行が終了した時点で、上記EGR弁を開放状態に移行させることにより、多量の既燃ガスが吸気通路に還流されるのを防止して燃焼安定性を確保するように構成されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記公報に開示されたエンジンの制御装置のように、吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替過渡期に、EGR弁を開放状態に移行させるのを待機しつつ、燃焼モードの移行を実行してスロットル弁を開方向に駆動するように構成した場合には、EGR弁の開放操作を待機している間に、吸気通路に還流される既燃ガスの濃度が低下してエミッション性が悪化するとともに、上記燃焼モードの切替に要する時間が長くなるという問題がある。

【0005】また、上記エンジンの制御装置では、吸気量が多い成層燃焼モードから、吸気量が比較的少ない均一燃焼モードへの切替を行う際に、この燃焼モードの移行を待機しつつ、EGR弁を閉止状態に移行させるように構成されているため、上記燃焼モードの切替時に、スロットル弁とEGR弁とを同時に閉止状態に移行させるように構成した場合のように、EGR弁が閉止状態となる前に排気通路およびEGR通路内の既燃ガスが吸気通路に還流されることに起因して燃焼性が低下するという事態の発生を防止できるという利点を有する反面、上記

燃焼モードの移行を待機している間に、吸気通路に還流される既燃ガスの濃度が低下してエミッション性が悪化するという問題があった。

【0006】本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、燃焼モードの切替過渡期に燃焼室内の空燃比を適正に制御して燃焼安定性を確保しつつ、エミッション性の悪化を防止できるエンジンの制御装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、吸気通路の途中に設けられた吸気量調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられたEGR弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードでEGR弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標EGR流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧力の予測値に基づいて吸気量調節手段を駆動するとともに、吸気圧力の検出値に基づいてEGR弁を開閉制御するように構成したものである。

【0008】上記構成によれば、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の予測値に基づいて吸気量調節手段が早期に開方向に駆動されることにより、吸気量が充分に確保されるとともに、吸気圧力の検出値に基づいてEGR弁が所定の応答遅れをもって開方向に駆動されることにより、所定量の既燃ガスが吸気通路に還流されるため、燃焼安定性が確保されるとともに、エミッション性が効果的に改善されることになる。

【0009】請求項2に係る発明は、上記請求項1記載のエンジンの制御装置において、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧力の検出値に基づいて吸気量調節手段を駆動するとともに、吸気圧力の予測値に基づいてEGR弁を開閉制御するように構成したものである。

【0010】上記構成によれば、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を減少させる方向に吸気量調節

手段を駆動する場合、つまり吸気量の多い成層燃焼モードから、吸気量の少ない均一燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の検出値に基づいて吸気量調節手段が所定の応答遅れをもって駆動されることにより、吸気量の急減が防止されるとともに、吸気圧力の予測値に基づいて EGR 弁が早期に閉方向に駆動されることにより、多量の既燃ガスが吸気通路に還流されることが防止されつつ、所定量の既燃ガスが吸気通路に還流されるため、燃焼安定性が確保されるとともに、エミッション性が効果的に改善されることになる。

【0011】請求項 3 に係る発明は、吸気通路の途中に設けられた吸気量調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比でない理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、吸気圧力の検出値に基づいて EGR 弁の開度を制御し、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、吸気圧力の予測値に基づいて EGR 弁の開度を制御するように構成したものである。

【0012】上記構成によれば、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の予測値に基づいて吸気量調節手段が早期に開方向に駆動されることにより、吸気量が十分に確保される。また、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の多い成層燃焼モードから、吸気量の少ない均一燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の検出値に基づいて吸気量調節手段が所定の応答遅れをもって駆動されることにより、吸気量の急減が防止されることになる。

【0013】請求項 4 に係る発明は、吸気通路の途中に設けられた吸気量調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室

内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比でない理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、吸気圧力の検出値に基づいて EGR 弁の開度を制御し、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、吸気圧力の予測値に基づいて EGR 弁の開度を制御するように構成したものである。

【0014】上記構成によれば、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の検出値に基づいて EGR 弁が所定の応答遅れをもって開方向に駆動されることにより、多量の既燃ガスが吸気通路に還流されることが防止されつつ、所定量の既燃ガスが吸気通路に還流される。また、上記燃焼モードの切替過渡期において、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の多い成層燃焼モードから、吸気量の少ない均一燃焼モードへの切替時には、吸気圧力の予測値に基づいて EGR 弁が早期に閉方向に駆動されることにより、多量の既燃ガスが吸気通路に還流されることが防止されることになる。

【0015】請求項 5 に係る発明は、吸気通路の途中に設けられた吸気量調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられた EGR 弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比でない理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードで EGR 弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標 EGR 流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記モードの切替直後における吸気圧の予測値を求める予測吸気圧設定手段を備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、上記吸気圧の予測値に基づいて上記吸気量調節手段と EGR 弁との操作量をそれぞれ

れ制御するように構成したものである。

【0016】上記構成によれば、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と、略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態との間で燃焼モードの切り替え行う切替過渡期に、上記予測吸気圧に基づいて吸気量調節手段およびEGR弁が早期に駆動されることにより、吸気量が十分に確保されるとともに、吸気通路に還流される既燃ガス量が適正に制御されるため、燃焼安定性が確保されるとともに、エミッション性が効果的に改善されることになる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係るエンジンの制御装置を筒内噴射火花点火式エンジンに適用した場合の全体構造を概略的に示したものである。この図において、エンジン本体10は複数の気筒12を有し、各気筒12には、そのシリンダボアに挿入されたピストン14の上方に燃焼室15が形成されており、この燃焼室15には吸気ポートおよび排気ポートが開口し、これらのポートは吸気弁17および排気弁18によってそれぞれ開閉されるようになっている。

【0018】上記燃焼室15の中央上方部には点火プラグ20が配設され、そのプラグ先端が燃焼室15内に臨んでいる。また、燃焼室15内には側方からインジェクタ22の先端部が臨み、このインジェクタ22から燃焼室15内に直接燃料が噴射されるようになっている。上記インジェクタ22には図外の高圧燃料ポンプ、プレッシャレギュレータ等を具備する燃料回路が接続され、各気筒のインジェクタ22に燃料が供給されるとともにその燃圧が圧縮行程における筒内圧力よりも高い所定圧力となるように燃料回路が構成されている。

【0019】上記エンジン本体10には吸気通路24および排気通路34が接続されている。上記吸気通路24には、その上流側から順に、エアクリーナ25、エアフローセンサ26、モータ27により駆動されるスロットル弁28およびサージタンク30が設けられており、上記スロットル弁28およびこれを駆動するモータ27により吸気量調節手段が構成されている。

【0020】上記吸気通路24には、上記スロットル弁28の設置部をバイパスするバイパスエア通路19およびISC通路23が設けられている。上記バイパスエア通路19には、冷間時に開く温度感応型のバイパスエア弁29が設けられ、上記ISC通路23には、アイドル時等に吸気量を調節するためのISC弁36が設けられ、これらのバイパスエア弁29およびISC弁36によっても吸気量が調節されるようになっている。

【0021】また、上記排気通路34には排気ガス浄化用の触媒35が設けられている。当実施形態のエンジンに設けられる触媒35は、リーン運転状態でもNO<sub>x</sub>浄化性能を有するものであり、例えばリーン運転状態のときに排気中のNO<sub>x</sub>を吸蔵して、そのNO<sub>x</sub>を理論空燃

比もしくはこれよりリッチな空燃比の運転状態となったときに還元させるNO<sub>x</sub>吸蔵触媒が用いられる。

【0022】さらに、排気通路34には、上記スロットル弁28からなる吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路、つまりスロットル弁28の下流側部に位置する吸気通路24に接続されたEGR通路37からなる排気還流通路が設けられ、このEGR通路37に、EGR流量（排気ガスの還流量）を調節する排気ガス還流調節手段としてのEGR弁38が介設されている。

【0023】このエンジンには、上記エアフローセンサ26の他、サージタンク30内の吸気負圧を検出するブーストセンサ40、スロットル弁28の開度を検出するスロットル弁開度センサ41、エンジン回転数を検出する回転数センサ42、アクセル開度（アクセル操作量）を検出するアクセル開度センサ43、吸気温度を検出する吸気温度センサ44、大気圧を検出する大気圧センサ45、エンジン冷却水温を検出する水温センサ46、排気ガス中の酸素濃度の検出によって空燃比を検出するO<sub>2</sub>センサ47、EGR弁38のリフト量（制御量）を検出するEGR弁リフトセンサ48、インジェクタ22に与えられる燃料の燃圧を検出する燃圧センサ49、排気通路34内における排気圧力を検出する排気圧センサ70等のセンサ類が装備され、これらセンサの出力信号（検出信号）がECU（コントロールユニット）50に入力されている。

【0024】上記ECU50は、インジェクタ22からの燃料噴射量および噴射タイミングを制御するとともに、スロットル弁28を駆動するモータ27に制御信号を出力することによりスロットル弁28の制御を行い、また点火回路21に制御信号を出力することにより点火時期を制御し、さらに上記ISC弁36およびEGR弁38の制御も行うように構成されている。

【0025】当実施形態の筒内噴射式エンジンの基本的な制御としては、上記インジェクタ22からの燃料噴射形態（噴射時期および空燃比等）が異なる燃焼モードが選択可能とされ、運転領域によって燃焼モードが変更されるようになっている。

【0026】具体的には、図2に示すように、低負荷低回転側の所定領域が成層燃焼領域、それ以外の領域が均一燃焼領域とされる。そして、成層燃焼領域では、上記インジェクタ22から圧縮行程の後期に燃料が噴射することにより、点火プラグ20付近に混合気が偏在する成層状態で燃焼が行なわれるような成層燃焼モードとされる。この成層燃焼モードでは、スロットル弁28の開度が大きくされて吸気量が多くされることにより燃焼室全体の空燃比としては大幅なリーン状態（例えばA/Fが30以上）とされる。

【0027】一方、均一燃焼領域では、上記インジェクタ22から吸気行程の前期に燃料が噴射されることによ

り、燃焼室 15 全体に均一に混合気が拡散する状態で燃焼が行なわれる均一燃焼モードとされる。この均一燃焼モードでは、燃焼室全体の空燃比が、略理論空燃比 ( $\lambda \approx 1$ ) ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態 ( $\lambda < 1$ ) に設定されるようになっている。

【0028】図 3 は、上記 ECU 50 に機能的に含まれる手段の構成を示している。上記 ECU 50 は、吸気温度センサ 44 および大気圧センサ 45 からの信号等に基づいてエアフロー部の吸気密度  $\gamma$  および吸気ポート部の吸気密度  $\gamma_{map}$  を検出する吸気密度検出手段 51 を有するとともに、上記エンジン回転数センサ 42 およびアクセル開度センサ 43 からの信号に基づき、上記吸気密度の状態を加味して、目標負荷に相当する値を設定する目標負荷設定手段 52 を有している。

【0029】上記目標負荷設定手段 52 は、図 4 に示すように、仮想体積効率演算手段 52a、仮想充填効率演算手段 52b、なまし処理手段 52c、目標図示平均有効圧力演算手段 52d およびアイドルリング負荷補正手段 52e を含んでいる。

【0030】上記仮想体積効率演算手段 52a は、アクセル開度  $accel$  およびエンジン回転数  $ne$  に応じて仮想体積効率  $veimg$  を求める。この場合、予めベンチテスト等により標準大気状態で、かつ空燃比を理論空燃比に保

$$ceimgd = (1 - \alpha) \cdot ceimg + \alpha \cdot ceimgd[i-1] \quad \dots (1)$$

なお、上記演算式 (1) において、 $ceimgd[i-1]$  は  $ceimgd$  の前回の値、 $\alpha$  は係数 ( $0 < \alpha < 1$ ) である。

【0034】また、目標図示平均有効圧力演算手段 52d は、上記仮想充填効率  $ceimg$  からこれに対応した値である目標図示平均有効圧力を求め、これを目標負荷とする。この場合、なまし処理されない仮想充填効率  $ceimg$  から第 1 の目標図示平均有効圧力  $Piobj$  が、また、なまし処理された仮想充填効率  $ceimgd$  から第 2 の目標図示平均有効圧力  $Piobjd$  が、それぞれ次式 (2a)、(2b) に基づいて演算される。

$$Piobj = K1 \times ceimg + K2 \quad \dots (2a)$$

$$Piobjd = K1 \times ceimgd + K2 \quad \dots (2b)$$

【0035】アイドルリング負荷補正手段 52e は、アイドル運転時にエアコン等の外部負荷が加わったときなどにそれに見合う程度にエンジントルクを高めるべくアイドルリング負荷補正值を求め、目標図示平均有効圧力の演算に先立って上記仮想充填効率  $ceimg$ 、 $ceimgd$  を補正するようになっている。

【0036】図 3 に示す ECU 50 は、さらに基本的な燃焼モード  $mods$  を設定し、必要に応じてエンジンの燃焼モードを切り替える制御を実行する燃焼モード設定手段 53 からなるモード切替手段を有している。

【0037】燃焼モード設定手段 53 は、上記目標負荷図示平均有効圧力演算手段 52d において求められた第 1 の目標図示平均有効圧力  $Piobj$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて基本的な燃焼モード  $mods$  を設定する。すなわ

った標準運転条件下において要求される出力性能が得られるように、アクセル開度  $accel$  およびエンジン回転数  $ne$  と仮想体積効率  $veimg$  との対応関係が定められ、その対応関係がマップとして ECU 50 内のメモリに記憶されており、このメモリから実際のアクセル開度  $accel$  およびエンジン回転数  $ne$  に対応した仮想体積効率  $veimg$  が求められる。

【0031】上記アクセル開度  $accel$  およびエンジン回転数  $ne$  と仮想体積効率  $veimg$  との対応関係は、例えば図 5 に示すようになる。すなわち、仮想体積効率  $veimg$  は、アクセル開度  $accel$  が大きくなるにつれて増加し、かつ、エンジン低速側ほど大きめとなるように設定されている。

【0032】また、図 4 において上記仮想充填効率演算手段 52b は、上記仮想体積効率  $veimg$  に対し、吸気密度検出手段 51 で求められた吸気密度を加味して仮想充填効率  $ceimg$  を求める。これにより、空燃比を理論空燃比に保つ標準運転条件を想定した場合の要求エンジントルクに見合う充填効率が仮想充填効率  $ceimg$  として求められる。

【0033】なまし処理手段 52c は、上記仮想充填効率  $ceimg$  を、次式 (1) に基づく一次遅れ補正によりなまし処理するように構成されている。

ち、図 2 に示すように、第 1 の目標図示平均有効圧力  $Piobj$  が所定の低負荷側閾値より低く、かつ、エンジン回転数  $ne$  が低い領域 (成層燃焼領域) では成層燃焼モードに設定され、それ以外の領域 (均一燃焼領域) では、均一燃焼モードに設定される。また、上記成層燃焼領域においても、 $NOx$  吸蔵触媒に吸蔵された  $NOx$  を還元させるため、上記燃焼室 15 内の空燃比を一時的にリッチにして均一燃焼モードとするいわゆるリッチスパイク制御が実行される。

【0038】さらに ECU 50 は、エンジン出力に関係する各種制御値を決定する制御手段を有し、当実施形態では、スロットル弁 28 で調節される吸気量、EGR 弁 38 で調節される EGR 流量、インジェクタ 22 からの燃料噴射量、燃料噴射時期および点火プラグ 20 の点火時期が制御対象とされ、これら制御対象の制御値が目標負荷およびエンジン回転数  $ne$  等に応じて決定される。この場合、制御対象のうちの低速応答系の制御値を決定するための目標負荷としては第 1 の目標図示平均有効圧力  $Piobj$  が用いられ、高速応答系の制御値を決定するための目標負荷としては第 2 の目標図示平均有効圧力  $Piobjd$  が用いられる。

【0039】すなわち、上記各制御対象のうちで吸気量、EGR 流量およびスワールはそれぞれスロットル弁 28 および EGR 弁 38 の作動に対する応答性が比較的低い低速応答系であって、これらの制御量である目標スロットル弁開度  $tvobj$  および EGR 弁 38 の目標制御量

は第1の目標図示平均有効圧力 $P_{iobj}$ とエンジン回転数 $n_e$ 等に応じて決定される。一方、燃料噴射量、燃料噴射時期および点火時期は制御信号に速やかに応答する高速応答系であって、これら燃料噴射量、燃料噴射時期および点火時期は第2の目標図示平均有効圧力 $P_{iobjd}$ とエンジン回転数 $n_e$ 等に応じて決定されるようになっている。

【0040】具体的に説明すると、吸気量制御のための手段としては目標空燃比設定手段54、目標充填効率演算手段55およびスロットル弁開度演算手段56を有している。上記目標空燃比設定手段54は、吸気量制御用の目標空燃比 $afwb$ を、上記燃焼モード設定手段53で設

$$ceobj = ceimg \times \{(afwb + K3) / 14.7\} \times K4 \quad \dots (3)$$

【0042】この演算式(3)は、仮想充填効率 $ceimg$ から、リーン運転される場合の目標空燃比の空気過剰率分 $(afwb / 14.7)$ と燃費改善効果分とを加味して目標充填効率 $ceobj$ を求めるようにしたものである。

【0043】つまり、上記仮想充填効率 $ceimg$ は理論空燃比で運転される状態を想定した目標負荷に対応する値であり、これに対し、リーン運転時に同等の燃料噴射量を確保するには上記空気過剰率分を加味する必要があるが、このようにして理論空燃比の場合と同等の燃料噴射量を確保すると、リーン運転時は熱効率が高められて燃費が改善されるので、その分だけトルクが理論空燃比の場合と比べて高くなってしまふ。そこで、目標負荷に対応するトルクを得るため、上記空気過剰率分を加味するほかに、燃費改善効果分も加味するようにしたものであって、上記式中の $K3$ 、 $K4$ が燃費改善効果分を加味するための係数であり、燃費改善効果分に見合う程度に目標充填効率を減少方向に補正すべく、予め係数 $K3$ 、 $K4$ が設定されている。

【0044】なお、前記の式(2a)から、 $ceimg = (P_{iobj} - K1) / K2$ を求め、この値を上記式(3)に代入す

$$qegrobj0 = qegrbse \times \sqrt{(2 \times dpgrb \times KREGRVGN / \gamma_{maexb} \times KREGRVPB)} \quad \dots (4)$$

【0047】上記演算式(4)において、 $KREGRVGN$ は、上記ベンチテストデータに対応したEGRガスの気体密度、 $KREGRVPB$ は、ベンチテストデータに対応したEGR弁38の上流側圧力と下流側圧力との差圧である。

【0048】EGR体積効率演算手段56bは、上記目標EGR流量演算手段56aにおいて求められた目標E

$$veegr = 120 \times qegrobj0 \times \gamma_{maexb} / (n_e \times KUVc \times \gamma_{map}) \quad \dots (5)$$

【0049】また、上記トータル体積効率演算手段56cは、目標充填効率演算手段55において求められた目標充填効率 $ceimg$ から吸気密度に応じて補正を行うことで算出された目標体積効率 $veobj$ と、上記EGR体積効率演算手段56bにおいて求められたEGR体積効率 $veegr$ とを加算することにより、燃焼室15内に導入される吸気のトータル体積効率 $vetotal (=veobj + veegr)$ を算出するようになっている。

【0050】予測吸気圧設定手段56dは、上記トータ

定される燃焼モード別に設定するものであり、成層燃焼モードでは第1の目標図示平均有効圧力 $P_{iobj}$ とエンジン回転数 $n_e$ とに応じ、予め作成されているマップから目標空燃比 $afwb$ を求め、均一燃焼モードでは目標空燃比 $afwb$ を、例えば理論空燃比 $(\lambda = 1)$ とするようになっている。

【0041】上記目標充填効率演算手段55は、第1の目標図示平均有効圧力 $P_{iobj}$ もしくはこれに対応する仮想充填効率 $ceimg$ と上記目標空燃比 $afwb$ とから、目標充填効率 $ceobj$ を例えば次式(3)により求める。

ることにより求められた演算式から、目標図示平均有効圧力 $P_{iobj}$ に対応した目標充填効率 $ceobj$ を算出するようにしてもよい。

【0045】上記スロットル弁開度演算手段56は、図6に示すように、目標EGR流量演算手段56aと、EGR体積効率演算手段56bと、トータル体積効率演算手段56cと、予測吸気圧設定手段56dと、基本新気量側有効流路面積演算手段56eと、目標スロットル弁有効流路面積演算手段56fと、吸気損失補正係数設定手段56gと、スロットル弁開度演算手段56hとを有している。

【0046】上記目標EGR流量演算手段56aは、基本EGR弁ステップ数に対応した目標空気量に基づき、図外のEGR基本流量設定手段において設定されたEGR基本流量 $qegrbse$ と、ベンチテストデータに対応したEGR基本差圧 $dpgrb$ と、EGR基本温度、大気圧および基本排気圧に対応したEGR基本気体密度 $\gamma_{maexb}$ とに応じ、次式(4)に基づいて目標EGR流量 $qegrobj0$ を算出するように構成されている。

G R流量 $qegrobj0$ と、上記EGR基本気体密度 $\gamma_{maexb}$ と、エンジン回転数 $n_e$ と、エンジン排気量 $KUVc$ と、上記吸気密度検出手段51において求められた吸気ポート部の気密度 $\gamma_{map}$ とに応じ、次式(5)に基づいてEGR体積効率 $veegr$ を演算により求めるように構成されている。

ル体積効率演算手段56cにおいて求められた吸気のトータル体積効率 $vetotal$ と、エンジン回転数 $n_e$ とをパラメータとして予め設定されたマップから予測吸気圧 $boostest$ 、つまりエアポート部における吸気圧の予測値を読み出して設定するように構成されている。上記燃焼モードの切替時には、その切替直後の吸気の充填効率に対応する上記目標充填効率 $ceimg$ に基づき、燃料モードの切替直後における吸気圧の予測値である予測吸気圧 $boostest$ が上記予測吸気圧設定手段56dにおいて求められる

ことになる。

【0051】基本新気量側有効流路面積演算手段56eは、上記目標体積効率 $veobj$ に基づいて目標吸気量 $qair$ を算出するとともに、この目標吸気量 $qair$ と、エアフロ

$$eaair = QAREACNV \times qair / \sqrt{(2 \times (-BOOST) \times \gamma)} \quad \dots (6)$$

【0052】この演算式(6)は、ベルヌーイの定理に基づくものであり、上記 $QAREACNV$ は単位調整変数である。また、上記吸気圧 $BOOST$ としては、予測吸気圧設定手段56fで求められたエアポート部の予測吸気圧 $boost$ またはブーストセンサ40により検出された実吸気圧 $boost$ の一方が、運転状態に応じて選択的に用いられる。

【0053】すなわち、燃焼室15内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と、略理論空燃比に近い理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替える燃焼モードの切替時に、吸気量を増大させる方向に上記スロットル弁24からなる吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸入空気量の少ない均一燃焼モードから吸入空気量の多い成層燃焼モードへの切替過渡期には、燃料モードの切替直後における吸気圧の予測値である上記予測吸気圧 $boost$ に基づいて基本新気量側有効流路面積 $eaair$ が算出されることにより、上記スロットル弁28の開度が設定される。

【0054】一方、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸入空気量の多い成層燃焼モードから吸入空気量の少ない燃焼モードの切替過渡期には、上記ブーストセンサ40により検出された実吸気圧 $boost$ に基づいて基本新気量側有効流路面積 $eaair$ が算出されることにより、上記スロットル弁28の開度が設定される。

【0055】目標スロットル弁有効流路面積演算手段56fは、上記基本新気量側有効流路面積演算手段56eにおいて求められた基本新気量側有効流路面積 $eaair$ と、スロットル弁28の全閉時における吸気の漏れ量に対応したスロットル弁漏れ有効流路面積 $ealeak$ と、上記バイパスエア弁29の設置部における吸気の流動量に対応するバイパスエア弁有効流路面積 $eabacv$ と、上記ISC弁36の設置部における吸気の流動量に対応するISC弁有効流路面積 $eaiscv$ とに応じ、下記の演算式(7)に基づいて目標スロットル弁有効流路面積(吸気通路24の有効流路面積) $eatvo$ を算出するものである。

$$eatvo = eaair - ealeak - eabacv - eaiscv \quad \dots (7)$$

【0056】吸気損失補正係数設定手段56gは、上記目標スロットル弁有効流路面積 $eatvo$ およびエンジン回転数 $ne$ をパラメータとして予め設定されたマップから、現在の目標スロットル弁有効流路面積 $eatvo$ およびエンジン回転数 $ne$ に対応した吸気損失補正係数 $ealost$ 、つまり吸気抵抗に応じた吸気損失を補填するための係数を読み出して設定するように構成されている。

【0057】目標スロットル弁開度演算手段56hは、

一部の吸気密度 $\gamma$ と、吸気圧 $BOOST$ とに応じ、次式(6)に基づいて新気量を確保するために必要な基本新気量側有効流路面積 $eaair$ を算出するものである。

上記目標スロットル弁有効流路面積演算手段56fにおいて求められた目標スロットル弁有効流路面積 $eatvo$ に、上記吸気損失補正係数設定手段56gにおいて求められた吸気損失補正係数 $ealost$ を掛け合わせるにより、吸気量を確保するために必要な最終スロットル弁有効流路面積 $eatvof (=eatvo \times ealost)$ を算出するとともに、この最終スロットル弁有効流路面積 $eatvof$ をパラメータとして予め設定されたマップから、上記最終スロットル弁有効流路面積 $eatvof$ に対応した目標スロットル弁開度 $tvoobj$ を読み出して設定するものである。

【0058】また、上記ECU50には、EGR流量制御のための手段としてEGR弁基本制御量設定手段59およびEGR弁制御量演算手段60が設けられている。上記EGR弁基本制御量設定手段59は、EGR弁38の基本制御量を上記燃焼モード設定手段53で設定される燃焼モード $mods$ 別に設定するものであり、例えば成層燃焼モードでは第1の目標図示平均有効圧力 $piobj$ とエンジン回転数 $ne$ とに応じ、予めベンチテスト等に基づいて作成されたマップから基本EGR弁ステップ数(EGR弁38を駆動するステップモータの制御値) $pbase$ を求め、均一燃焼モードではエアフローセンサ26の出力に基づいて求められる実充填効率 $ce$ とエンジン回転数 $ne$ とに応じ、予め作成されているマップから基本EGR弁ステップ数 $pbase$ を求める。

【0059】上記EGR弁制御量演算手段60には、図7に示すように、上記目標EGR流量演算手段56a、EGR体積効率演算手段56b、トータル体積効率演算手段56cおよび予測吸気圧設定手段56dと、最終目標EGR流量演算手段60aと、基本EGR弁有効流路面積演算手段60bと、最終EGR弁流量演算手段60cと、目標EGRステップ数設定手段60dとが設けられている。

【0060】最終目標EGR流量演算手段60aは、上記目標EGR流量演算手段56aにおいて求められた目標EGR流量 $qegrobj0$ と、図外の排気還流量補正手段において求められたEGR空燃比補正量 $cafwegr$ 、つまりEGR通路3内における排気ガス中の空燃比に応じて排気還流量を制御するために設定された補正值に基づき、最終目標EGR流量 $qegrobj (=qegrobj0 \times cafwegr)$ 、つまり補正された目標EGR量を、演算により求めるように構成されている。

【0061】基本EGR弁有効流路面積演算手段60bは、上記最終目標EGR流量演算手段60aで求められた最終目標EGR流量 $qegrobj$ と、排気圧センサ70により検出された排気通路34内における排気圧力 $pex$

と、吸気圧BOOSTと、図外のEGR気体密度演算手段で求められたEGR気体密度garmarとに応じ、次式(8)に基づいて排気ガスの還流量を確保するために必要な基

$$eaegr_v = QAREACNV \times qegrob_j / \sqrt{(2 \times (pex - BOOST) \times garmar)} \dots (8)$$

【0062】上記演算式において、QAREACNVは単位調整変数である。また、上記吸気圧BOOSTとしては、予測吸気圧設定手段56fで求められたエアポート部の予測吸気圧boostestまたはブーストセンサ40により検出された実吸気圧boostの一方が、運転状態に応じて選択的に用いられる。

【0063】すなわち、燃焼室15内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と、略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替える燃焼モードの切替時に、吸気量を増大させる方向にスロットル弁24からなる吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸入空気量の少ない均一燃焼モードから吸入空気量の多い成層燃焼モードへの切替過渡期には、上記実吸気圧boostに基づいて基本EGR弁有効流路面積eaegr\_vが算出されることにより、上記EGR弁38の開度が設定される。

$$qegr_v = eaegr_v / QAREACNV \times \sqrt{(2 \times KRGTVOBP \times KRGTVOGN)} \dots (9)$$

上記演算式(9)において、QAREACNVは単位調整変数である。

【0066】目標EGRステップ数設定手段60dは、上記最終EGR流量qegr\_vをパラメータとして予め設定されたマップから、上記最終EGR弁流量演算手段60cにおいて求められた最終EGR流量qegr\_vに対応した目標EGR弁ステップ数ptを読み出して設定するものである。なお、上記最終EGR弁流量演算手段60cを省略し、基本EGR弁有効流路面積演算手段60bで求められた基本EGR弁有効流路面積eaegr\_vに基づき、上記目標EGR弁ステップ数ptを読み出して設定するように構成してもよい。

【0067】また、上記ECU50には、インジェクタ22からの燃料噴射を制御する手段として、目標空燃比作成手段62、運転モード設定手段63、噴射量演算手段65、噴射時期設定手段66および噴射制御手段67

$$afw0 = 14.7 \times K1 \times ce / \{K4 \times (Piobjd - K2)\} - K3 \dots (10a)$$

$$[= 14.7 \times ce / (K4 \times ceimgd) - K3] \dots (10b)$$

【0070】上記演算式は、理論空燃比と、実充填効率ceと、第2の目標平均有効圧力Piobjdもしくは仮想充填効率ceimgdと、前記の燃費改善効果分を加味する係数K2、K3、K4とを用い、実充填効率の下で目標負荷に対応するトルクが得られるような空燃比を求めるようにしたものである。

【0071】また、上記目標空燃比設定手段62bは、目標空燃比afwbdを、運転モード設定手段63で設定される燃焼モードmodf別に設定するものであり、成層燃焼モードでは第2の目標図示平均有効圧力Piobjdとエンジン回転数neとに応じ、予め作成されているマップから目

本EGR弁有効流路面積(EGR通路37の有効流路面積)eaegr\_vを算出するものである。

【0064】一方、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸入空気量の多い成層燃焼モードから吸入空気量の少ない燃焼モードへの切替過渡期には、燃料モードの切替直後における吸気圧の予測値である上記予測吸気圧boostestの値に基づいて基本EGR弁有効流路面積eaegr\_vが算出されることにより、上記EGR弁38の開度が設定されるようになっている。

【0065】最終EGR弁流量演算手段60cは、上記基本EGR弁有効流路面積演算手段60bにおいて求められた基本EGR弁有効流路面積eaegr\_vと、ベンチテストデータに対応したスロットル弁28の上流部と下流部との差圧KRGTVOBPと、ベンチテストデータに対応したスロットル弁設置部の吸気密度KRGTVOGNとに応じ、下記式(9)に基づいて最終EGR流量qegr\_vを算出するものである。

が設けられている。

【0068】上記目標空燃比作成手段62は、燃料噴射量等の制御に用いる目標空燃比を求めるものであり、より具体的には図8に示すように、主として過渡時に利用される目標空燃比afw0を演算する目標空燃比演算手段62aと、主として定常時に利用される目標空燃比afwbdを設定する目標空燃比設定手段62bと、過渡状態検出のため吸気量制御用の目標空燃比afwbと上記目標空燃比演算手段62aで演算された目標空燃比afw0との偏差dafwbを演算する手段62cと、最終的な目標空燃比afwの決定手段62dとを有している。

【0069】上記目標空燃比演算手段62aは、第2の目標図示平均有効圧力Piobjdもしくはこれに対応する仮想充填効率ceimgdと実充填効率ceとから、下記の演算式(10a)、(10b)のように目標空燃比afw0を演算する。

目標空燃比afwbdを求め、均一燃焼モードでは目標空燃比afwbdを、理論空燃比( $\lambda = 1$ )または理論空燃比よりもリッチ( $\lambda \leq 1$ )とするようになっている。

【0072】最終的な目標空燃比afwの決定手段62dは、上記偏差演算手段62cにおいて求められた偏差dafwbが大きくなる過渡時に、目標空燃比演算手段62aで演算された目標空燃比afw0を最終的な目標空燃比afwとし、上記偏差dafwbが小さい定常時に、設定手段62bで設定された目標空燃比afwbdを最終的な目標空燃比afwとする。

【0073】なお、目標空燃比作成手段62を、上記の

ように構成しているのは出力上の要求とエミッション性とを満足するためであるが、より簡単な構成としては上記設定手段 62b 及び偏差演算手段 62c を省略し、常に目標空燃比演算手段 62a で求められた目標空燃比  $afw0$  を燃料噴射量制御用の最終的な目標空燃比とするようにしてもよい。

【0074】図 8 中の演算手段 80 は、燃焼モードの切替過渡時における点火時期補正のための空燃比偏差  $dafwbd$ ,  $dafw0$  を演算する手段であり、運転モード設定手段 63 で設定されるモード  $modf$  が均一燃焼モードでない場合は、上記定常時の目標空燃比  $afwbd$  に基づいて  $dafwbd (=afwbd-afw)$  を算出し、均一燃焼モードの場合は、燃料噴射量等制御用の目標空燃比  $afw0$  に基づいて  $dafw0 (=afw0-afw)$  を算出するようになっている。

【0075】運転モード設定手段 63 は、高速応答系の制御値を決定するために用いる燃焼モード  $modf$  を、燃料噴射量等制御用の目標空燃比  $afw0$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて設定する。すなわち、上記目標空燃比演算手段 62a で演算された目標空燃比  $afw0$  が均一下限基準値（例えば  $A/F=18$ ）より小さい値となる場合は均一燃焼モードとし、上記目標空燃比  $afw0$  が均一下限基準値よりも大きい値となる場合は成層燃焼モードとするようになっている。

【0076】噴射量演算手段 65 は、上記エアフローセンサ 26 の出力から求められた充填効率  $ce$  と、上記目標空燃比作成手段 62 により求められた目標空燃比  $afw0$  とに基づいて燃料噴射量を算出するとともに、これに対応した噴射パルス  $Ti$  を求めるものである。

【0077】噴射時期設定手段 66 は、燃料噴射時期を上記運転モード設定手段 63 で設定される燃焼モード別に設定するものであり、成層燃焼モードでは第 2 の目標図示平均有効圧力  $Piobjd$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて予め作成されているマップから圧縮行程噴射用の噴射時期  $thtinjd$  を求め、均一燃焼モードではエンジン回転数  $ne$  に応じて予め作成されているテーブルから吸気行程噴射用の噴射時期  $thtinjp$  を求める。

【0078】噴射制御手段 67 は、上記噴射時期設定手段 66 により設定された噴射時期に、上記噴射量演算手段により演算された噴射パルス幅  $Ti$  に相当する時間だけ

$$thtig = thtigb - (thtigwd + thtigwe + thtigwc) \quad \cdots (11)$$

【0084】図 9 は、上記 ECU 50 により行われる各種演算、制御等の処理のうち、主として上記吸気量制御手段 56 および EGR 弁制御量演算手段 60 において実行される制御動作をフローチャートで示したものである。

【0085】このフローチャートがスタートすると、まず上記目標 EGR 流量演算手段 56a において、上記 EGR 基本流量  $qegrbsc$  と、基本吸気圧  $boostb$  および基本排気圧  $pexbse$  に対応した EGR 基本差圧  $dpegrb$  と、基本排気温度  $thexb$  等に対応した EGR 基本気体密度  $ganmaex$

インジェクタ 22 を作動させるように、噴射パルスを出力する。

【0079】また、点火時期を制御する手段としては、基本点火時期および補正量を設定する設定手段 68 と、点火時期演算手段 69 を有する。

【0080】上記基本点火時期および補正量の設定手段 68 は、上記運転モード設定手段 63 で設定される燃焼モード  $modf$  別に基本点火時期  $thtigb$  や、各種の点火時期補正値を設定する。

【0081】上記基本点火時期および補正量の設定手段 68 による設定を具体的に説明すると、成層燃焼モードでは、第 2 の目標図示平均有効圧力  $Piobjd$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて予め作成されているマップから基本点火時期  $thtigb$  を求めるとともに、上記目標空燃比偏差  $dafwbd$  に応じた補正値  $thtigwd$  を予め作成されているテーブルから求める。目標空燃比偏差  $dafwbd (=afwbd-afw)$  に応じた補正は、基本点火時期  $thtigb$  が予め定常運転時の目標空燃比  $afwbd$  における目標図示平均有効圧力  $Piobjd$  およびエンジン回転数  $ne$  に応じて定められているのに対し、過渡時には  $afw0$  が最終的な目標空燃比  $afw$  とされて定常時とは空燃比のずれが生じるので、それに見合うように点火時期を調整するものである。

【0082】均一燃焼モードでは、充填効率  $ce$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて予め作成されているマップから基本点火時期  $thtigb$  を求めるとともに、EGR 時の補正値  $thtigwe$  を充填効率  $ce$  とエンジン回転数  $ne$  とに応じて予め作成されているマップから求め、上記目標空燃比偏差  $dafw0$  に応じた補正値  $thtigwd$  およびエンジン水温  $thwl$  に応じた冷間時補正値  $thtigwc$  をそれぞれ予め作成されているテーブルから求める。目標空燃比偏差  $dafw0 (=afw0-afw)$  に応じた補正は、目標空燃比  $afw0$  が理論空燃比よりリーン側の所定値以下となったとき  $NOx$  発生量が増大する空燃比を通ることを避けるために最終的な目標空燃比  $afw$  が理論空燃比とされる場合に、その空燃比変更に見合うように点火時期を調整するものである。

【0083】点火時期演算手段 69 は、上記基本点火時期および補正量の設定手段 68 で設定された基本噴射量  $thtigb$  および各種補正値から点火時期  $thtig$  を次式 (11) のように求める。

$b$  等に応じ、上記式 (4) に基づいて、目標 EGR 流量  $qegrobj0$  が算出される (ステップ S1)。

【0086】次いで、上記目標 EGR 流量演算手段 56a で求められた目標 EGR 流量  $qegrobj0$  等に応じ、上記式 (5) に基づいて EGR 体積効率  $veegr$  が上記 EGR 体積効率演算手段 56b において算出された後 (ステップ S2)、目標充填効率演算手段 55 において算出された目標充填効率  $ceimg$  に応じ、目標吸気量に対応した目標体積効率  $veobj$  を算出するとともに (ステップ S3)、この目標体積効率  $veobj$  と、上記 EGR 体積効率

演算手段56bで求められたEGR体積効率 $veegr$ とを加算することにより、燃焼室15内に導入される吸気のトータル体積効率 $vetotal$  ( $=veobj+veegr$ )を、上記トータル体積効率演算手段56cにおいて算出する(ステップS4)。

【0087】また、上記予測吸気圧設定手段56dにおいて、吸気のトータル体積効率 $vetotal$ とエンジン回転数 $ne$ とをパラメータとして予め設定されたマップから、燃焼モードの切替直後における吸気圧の予測値からなる予測吸気圧 $boostest$ を読み出して設定した後(ステップS5)、現在が燃焼モードの切替時点であるか否かを判定する(ステップS6)。

【0088】上記ステップS6でNOと判定されて現時点が燃焼モードの切替時点ではないことが確認された場合には、上記ブーストセンサ40により検出された実吸気圧 $boost$ 等に応じ、上記基本新気側有効流路面積演算手段56eにおいて基本新気側有効流路面積 $eaair$ を算出するとともに、上記基本EGR弁有効流路面積演算手段60bにおいて基本EGR弁有効流路面積 $eaegr$ を算出する(ステップS7、S8)。すなわち、上記実吸気圧 $boost$ に対応した吸気圧 $BOOST$ 等に応じ、上記演算式(6)、(7)に基づいて新気量を確保するために必要な基本新気側有効流路面積 $eaair$ と、排気ガスの還流量を確保するために必要な基本EGR弁有効流路面積 $eaegr$ をそれぞれ算出する。

【0089】また、上記ステップS6でYESと判定されて燃焼モードの切替時点であることが確認された場合には、現時点が燃焼室15内の空燃比がリーンに設定された成層燃焼モードから、上記空燃比がリッチに設定された均一燃焼モードへの切替時点であるか否かを判定し(ステップS9)、YESと判定された場合には、上記ブーストセンサ40により検出された実吸気圧 $boost$ 等に応じ、上記基本新気側有効流路面積演算手段56eにおいて基本新気側有効流路面積 $eaair$ を算出するとともに(ステップS10)、上記予測吸気圧設定手段56dで求められた予測吸気圧 $boostest$ 等に応じ、基本EGR弁有効流路面積演算手段60bにおいて基本EGR弁有効流路面積 $eaegr$ を算出する(ステップS11)。

【0090】また、上記ステップS9でNOと判定されて現時点が燃焼室15内の空燃比がリッチに設定された均一燃焼モードから、上記空燃比がリーンに設定された成層燃焼モードへの切替時点であることが確認された場合には、上記予測吸気圧設定手段56dで求められた予測吸気圧 $boostest$ 等に応じ、上記基本新気側有効流路面積演算手段56eにおいて基本新気側有効流路面積 $eaair$ を算出するとともに(ステップS12)、上記ブーストセンサ40により検出された実吸気圧 $boost$ 等に応じ、基本EGR弁有効流路面積演算手段60bにおいて基本EGR弁有効流路面積 $eaegr$ を算出する(ステップS13)。

【0091】次いで、目標スロットル弁有効流路面積演算手段56fにおいて、上記目標スロットル弁有効流路面積 $eatvo$ と、上記吸気損失補正係数 $ealost$ とに基づき、最終スロットル弁有効流路面積 $eatvof$  ( $=eatvo \times ealost$ )を算出した後(ステップS14)、目標スロットル弁開度演算手段56hにおいて、上記最終スロットル弁有効流路面積 $eatvof$ に対応した目標スロットル弁開度 $tvoobj$ を読み出して設定する(ステップS15)。

【0092】また、上記EGR空燃比補正量 $cafwegr$ と、目標EGR流量 $qegrobj0$ とに基づき、上記最終目標EGR流量演算手段60cにおいて、最終目標EGR流量 $qegrobj$  ( $=qegrobj0 \times cafwegr$ )を算出した後(ステップS16)、上記目標EGRステップ数設定手段60dにおいて、上記最終EGR流量 $qegrv$ に対応した目標EGR弁ステップ数 $pt$ を設定する(ステップS17)。

【0093】以上のような制御装置を備えた当実施形態の筒内噴射式エンジンでは、燃焼モードとして成層燃焼モードと均一燃焼モードとが、運転状態に応じて設定される。そして、成層燃焼モードでは空燃比が理論空燃比と比べて大幅にリーンとされた状態で成層燃焼が行われることにより燃費が大幅に改善され、均一燃焼モードでは、空燃比が略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチとされた状態で吸気行程噴射により均一燃焼が行われる。また、排気通路34内の排気ガスの一部が、上記EGR通路37を介して吸気通路24に還流されるとともに、このEGR通路37に設けられたEGR弁38の開度が運転状態に応じて制御されることにより、エミッション性を良好状態に維持するように排気ガスの還流量が調節される。

【0094】そして、吸気量を増大させる方向に上記スロットル弁28からなる吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時には、予測吸気圧設定手段56dにより求められた上記燃焼モードの切替直後における吸気圧力の予測値(予測吸気圧 $boostest$ )に基づいて上記吸気量調節手段を駆動するとともに、吸気圧力の検出値(実吸気圧 $boost$ )に基づいてEGR弁38を駆動するように構成したため、上記燃焼モードの切替過渡期における燃焼安定性を確保しつつ、エミッション性を効果的に改善することができる。

【0095】すなわち、上記吸気圧力の予測値(予測吸気圧 $boostest$ )は、上記燃焼モードの切替時における目標吸気流量 $qair$ に対応してリアルタイムで設定されるのに対し、上記ブーストセンサ40の検出値に基づく実吸気圧 $boost$ は、スロットル弁28の開度変化に対して所定の応答遅れをもって変化し始めることになる。このため、上記均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時に、上記実吸気圧 $boost$ に基づいて上記スロットル弁28を駆動するように構成した場合には、図11(a)の破線で示すように、上記燃焼モードの切

替開始時点 $t_1$ から所定の時間差をもってスロットル弁28の開度 $TVO$ が増大し始めるため、上記燃焼モードの切替過渡期に、燃焼室15内に導入される新気量が不足する傾向がある。

【0096】これに対して本発明では、上記のように吸気量の少ない均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替直後における予測吸気圧boostestに基づき、上記スロットル弁28を駆動することにより、図11(a)の実線で示すように、上記燃焼モードの切替開始時点 $t_1$ からスロットル弁28の開度 $TVO$ を迅速に増大させることができるため、上記燃焼モードの切替過渡期に、燃焼室15内に導入される新気量を十分に確保して燃焼安定性を確保することができる。

【0097】また、均一燃焼モードから、吸気量の多い成層燃焼モードへの切替時に、上記予測吸気圧boostestに基づいてEGR弁38の駆動するように構成した場合には、図11(b)の破線で示すように、上記燃焼モードの切替時点 $t_1$ からEGR弁38の開度EGRVOが増大し始めるのに対し、上記のように実吸気圧boostに基づいて上記EGR弁38を駆動するように構成した場合には、所定の時間差をもってEGR弁38の開度EGRVOが増大し始めることになる。このため、図11(b)の実線で示すように、上記燃焼モードの切替開始時点 $t_1$ で、実吸気圧boostに基づいて上記EGR弁38を駆動することにより、多量の排気ガスが燃焼室15内に環流されるのを防止して燃焼安定性が低下するのを効果的に防止することができる。

【0098】しかも、上記均一燃焼モードから成層燃焼モードへの切替開始時点で、スロットル弁28を開方向に駆動するとともに、このスロットル弁28の開放操作が終了した時点で、EGR弁38を開方向に駆動するように構成した従来技術のように、上記EGR弁38の開放操作を待機している間に、EGR通路37から吸気通路24に還流される排気ガス量が不足してエミッション性が悪化するとともに、燃焼モードの切替に長時間を要するという事態を生じることがなく、上記燃焼モードの切替過渡期に適量の排気ガスを吸気通路24に還流させることにより、エミッション性を改善しつつ、上記燃焼モードの切替を迅速に行うことができるという利点がある。

【0099】上記実施形態では、吸気量を減少させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合、つまり吸気量の多い成層燃焼モードから、吸気量の少ない均一燃焼モードへの切替時には、上記実吸気圧boostに基づいてスロットル弁28を駆動するとともに、上記予測吸気圧boostestに基づいてEGR弁38を駆動するように構成したため、上記燃焼モードの切替過渡期に燃焼安定性を確保しつつ、エミッション性を効果的に改善することができる。

【0100】すなわち、上記成層燃焼モードから均一燃

焼モードへの切替時に、実吸気圧boostに基づいて上記スロットル弁28を駆動するように構成した場合には、図11(a)の実線で示すように、上記燃焼モードの切替開始時点 $t_2$ から所定の時間差をもってスロットル弁28の開度 $TVO$ が減少し始めることになる。このため、図11(a)の破線で示すように、上記予測吸気圧boostestに基づいてスロットル弁28の早期に閉止方向に駆動するように構成した場合のように、上記燃焼モードの切替過渡期に、燃焼室15内に供給される新気量が急減するという事態を生じることなく、上記新気量を十分に確保して燃焼安定性を良好状態に維持することができる。

【0101】また、図11(b)の実線で示すように、上記成層燃焼モードから均一燃焼モードへの切替開始時点 $t_2$ で、予測吸気圧boostestに基づいて上記EGR弁38を駆動するように構成した場合には、図11(b)の破線で示すように、上記燃焼モードの切替開始時点 $t_2$ で、実吸気圧boostに基づいてEGR弁38を駆動するように構成した場合に比べ、上記燃焼モードの切替開始時点 $t_2$ からEGR弁38の開度EGRVOを迅速に減少させることができる。このため、上記燃焼モードの切替過渡期に、多量の排気ガスが燃焼室15内に環流されるという事態の発生を防止し、燃焼安定性を、より効果的に向上させることができる。

【0102】しかも、上記成層燃焼モードから均一燃焼モードへの切替時点で、EGR弁38を閉じる方向に駆動するとともに、このEGR弁38の閉止操作が終了した時点 $t_3$ で、スロットル弁28を閉じる方向に駆動するように構成した従来技術のように、上記EGR弁38の閉止操作に応じてEGR通路37から吸気通路24に還流される排気ガス量が急減してエミッション性が悪化するとともに、燃焼モードの切替に長時間を要するという事態を生じることがなく、上記燃焼モードの切替過渡期に適量の排気ガスを吸気通路24に還流させることにより、エミッション性を改善しつつ、上記燃焼モードの切替を迅速に行うことができるという利点がある。

【0103】なお、燃焼室14内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と、略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御する燃焼モード設定手段53からなるモード切替手段と、少なくとも燃焼室15内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードでEGR弁38を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御するEGR制御量演算手段60からなる排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、上記燃焼モードの切替過渡期に、運転状態に応じて求められた目標吸気流量に対応する目標体積効率 $ve_{obj}$ と、目標EGR流量演算手段56aにおいて求められた目標EGR流量との総和に対応した値、つまりトータル体積効率 $ve_{total}$ を上記トータル体積効率

演算手段56cにより求め、このトータル体積効率 $\eta_{\text{total}}$ と、エンジン回転数 $n_e$ とに基づいて上記燃焼モードの切替直後における予測吸気圧 $\text{boostest}$ を求めるとともに、この予測吸気圧 $\text{boostest}$ に基づいて上記スロットル弁28およびEGR弁38の操作量をそれぞれ制御するように構成してもよい。

【0104】上記構成のように構成した場合には、燃焼室15内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と、略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態との間で燃焼モードの切り替え行う切替過渡期に、上記予測吸気圧 $\text{boostest}$ に基づいてスロットル弁28からなる吸気量調節手段およびEGR弁38を早期に駆動することにより、吸気量を十分に確保できるとともに、吸気通路24に還流される既燃ガス量を適正に制御して燃焼安定性を確保しつつ、エミッション性を効果的に改善できるという利点がある。

【0105】上記実施形態では、吸気量制御手段によりスロットル弁28からなる吸気量調節手段の作動量を制御して吸気通路24から燃焼室15内に導入される吸気量を調節するようにした例について説明したが、上記スロットル弁28に代え、アイドル時等に吸気量を調節するためのISC弁36の開度を調節し、あるいは図外のVVL（バルブリフト量調節手段）により吸気弁17のリフト量を調節することにより、上記吸気量を調節することも可能である。

【0106】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、吸気通路の途中に設けられた吸気量調節手段と、燃料の噴射量を調節する燃料噴射量調節手段と、上記吸気量調節手段の動作に応じて圧力が変化する吸気通路に接続された排気還流通路と、この排気還流通路に設けられたEGR弁と、燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態と略理論空燃比ないし理論空燃比よりも小さいリッチ状態とに燃焼モードを切り替えるように燃料噴射量および吸気量を制御するモード切替手段と、少なくとも燃焼室内の空燃比が理論空燃比よりも大きいリーン状態の燃焼モードでEGR弁を所定量開弁して排気ガスを還流させるように制御する排気還流量制御手段とを備えたエンジンの制御装置において、運転状態に応じて求められた目標吸気流量と目標EGR流量との総和に対応した値と、エンジン回転数とに基づいて上記燃焼モードの切替直後における予測吸気圧を求める予測吸気圧設定手段を

備え、上記燃焼モードの切替過渡期に、吸気量を増大させる方向に吸気量調節手段を駆動する場合には、上記吸気圧の予測値に基づいて吸気量調節手段を駆動するとともに、吸気圧の検出値に基づいてEGR弁を開閉制御するように構成したため、上記燃焼モードの切替過渡期に、燃焼室内の空燃比を適正に制御して、燃焼安定性を確保するとともに、エミッション性を効果的に改善しつつ、上記燃焼モードの切替を迅速に行うことができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るエンジンの制御装置の実施形態を示す全体概略図である。

【図2】燃焼モードの領域設定を示す説明図である。

【図3】ECUの機能的構成を示すブロック図である。

【図4】図2中の目標負荷設定手段の具体的構成を示すブロック図である。

【図5】アクセル操作量およびエンジン回転数と仮想体積効率との対応関係を示す説明図である。

【図6】スロットル弁開度演算手段の具体的構成を示すブロック図である。

【図7】EGR弁制御量演算手段の具体的構成を示すブロック図である。

【図8】噴射量等制御用の目標空燃比作成手段の具体的構成を示すブロック図である。

【図9】スロットル弁およびEGR弁の開度制御動作の前半部を示すフローチャートである。

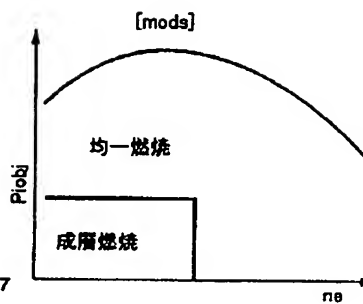
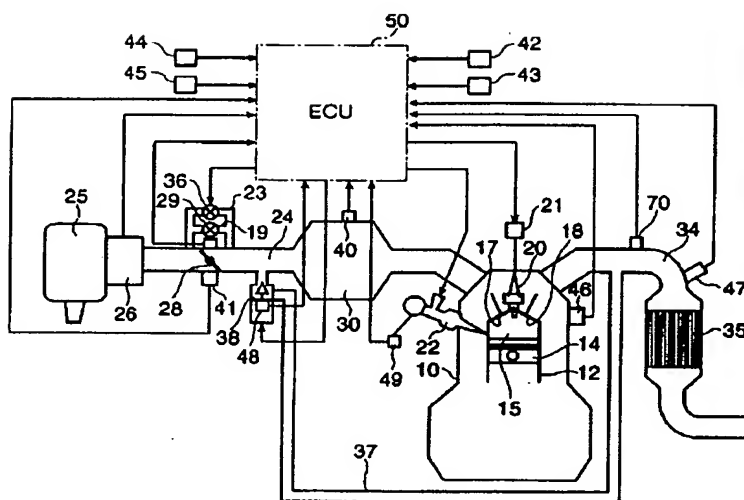
【図10】スロットル弁およびEGR弁の開度制御動作の後半部を示すフローチャートである。

【図11】弁開度の変化状態を示すタイムチャートである。

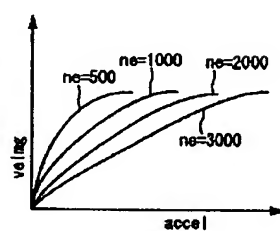
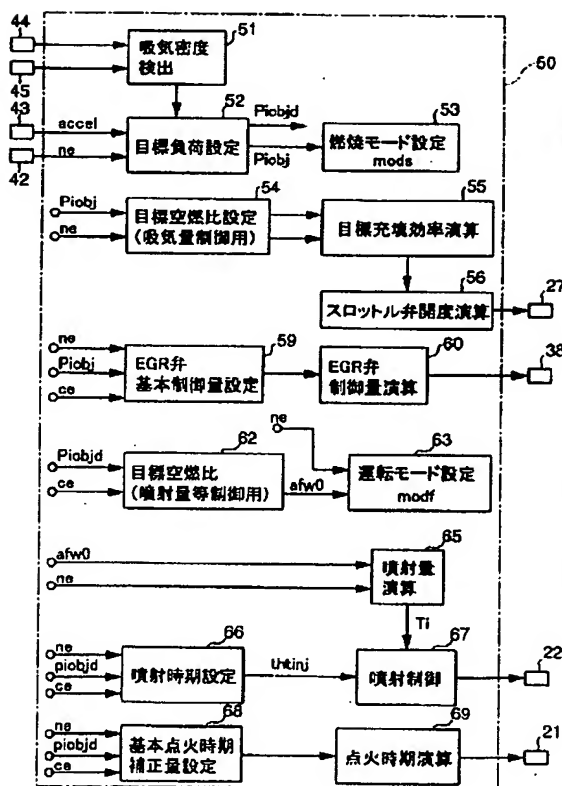
【符号の説明】

- 10 エンジン本体
- 15 燃焼室
- 24 スロットル弁（吸気量調節手段）
- 37 EGR通路（排気還流通路）
- 38 EGR弁
- 50 ECU
- 53 燃焼モード設定手段（モード切替手段）
- 56 スロットル弁開度演算手段（吸気量制御手段）
- 56d 予測吸気圧設定手段
- 60 EGR弁制御手段（排気還流量制御手段）

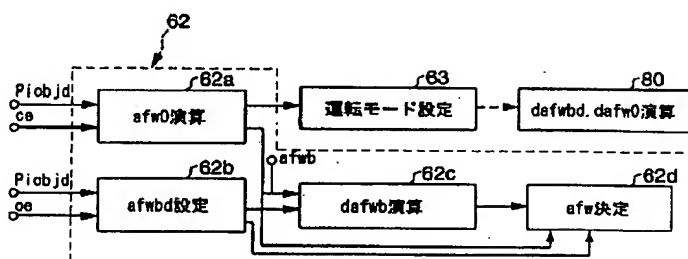
【图 2】



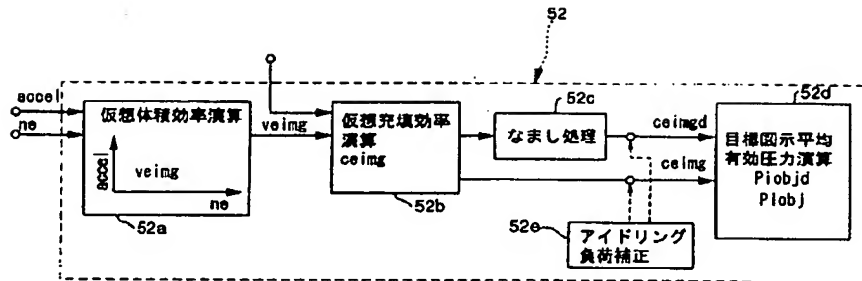
【図5】



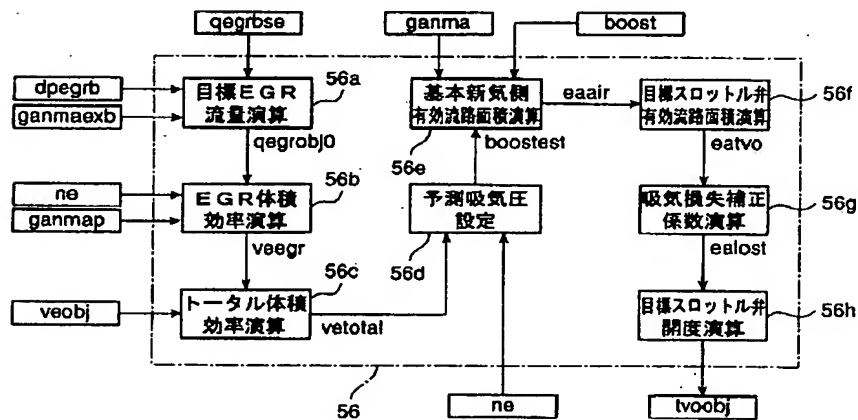
【圖 8】



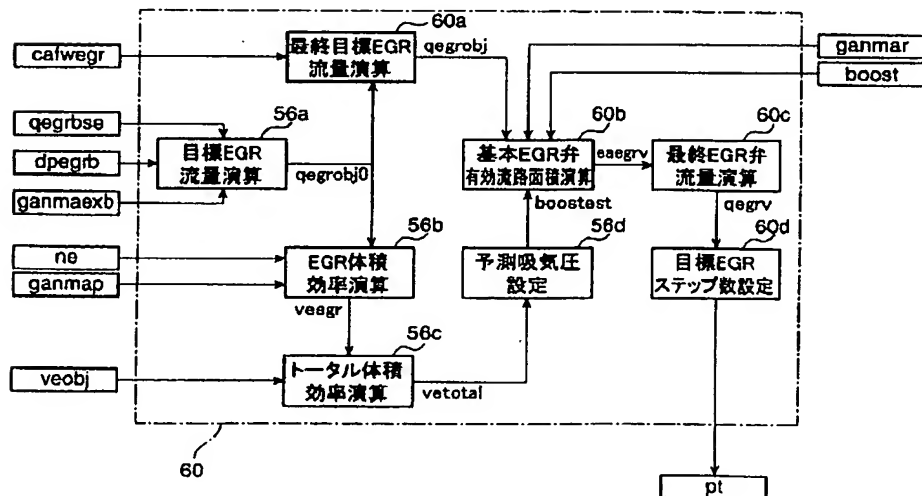
【図4】



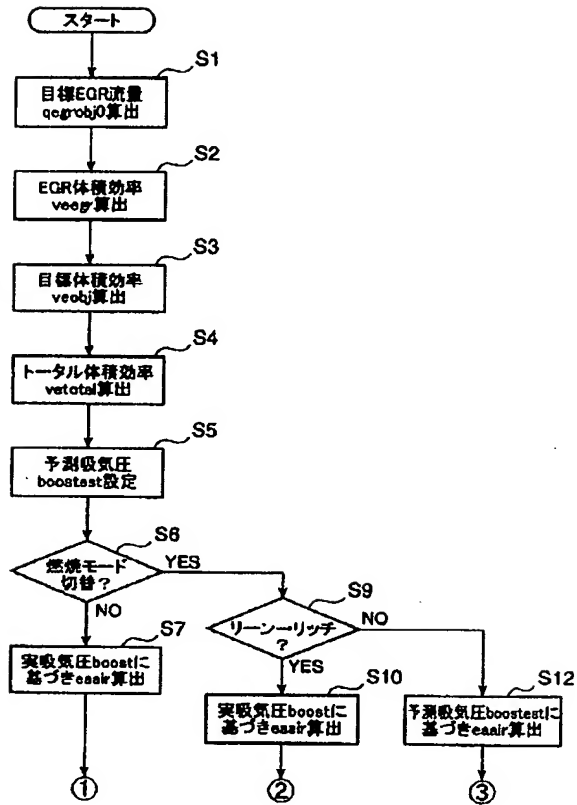
【図6】



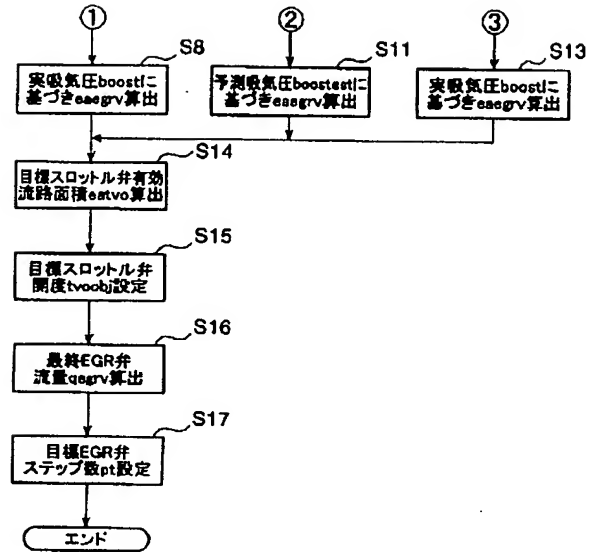
【図7】



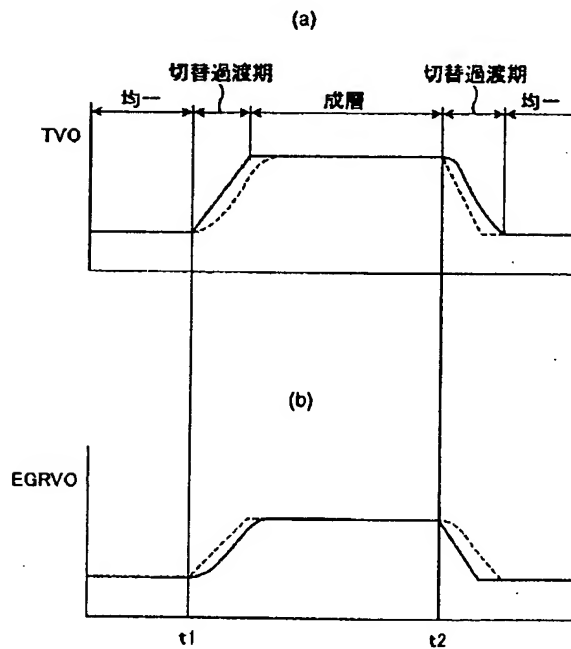
【図9】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

| (51) Int. Cl. 7 | 識別記号  | F I           | ターム (参考) |
|-----------------|-------|---------------|----------|
| F O 2 D 41/04   | 3 1 0 | F O 2 D 41/04 | 3 1 0 B  |
| 41/18           |       | 41/18         | D        |
| 43/00           | 3 0 1 | 43/00         | 3 0 1 E  |
|                 |       |               | 3 0 1 K  |
|                 |       |               | 3 0 1 N  |
| 45/00           | 3 6 4 | 45/00         | 3 6 4 D  |
| F O 2 M 25/07   | 5 5 0 | F O 2 M 25/07 | 5 5 0 F  |
|                 |       |               | 5 5 0 R  |

F ターム (参考) 3G062 AA07 BA02 BA06 CA00 DA04  
 EA11 FA04 FA05 FA06 FA09  
 FA13 GA01 GA02 GA04 GA06  
 GA08 GA11 GA12 GA13 GA15  
 GA21 GA22  
 3G065 AA00 AA11 CA12 DA04 FA00  
 FA08 FA11 GA01 GA05 GA06  
 GA09 GA10 GA16 GA26 GA27  
 GA41 GA46 KA36  
 3G084 AA04 BA09 BA13 BA20 CA00  
 DA02 DA10 DA12 EA11 EB08  
 EB12 EC04 FA01 FA02 FA07  
 FA10 FA11 FA13 FA20 FA29  
 FA33 FA37  
 3G092 AA01 AA09 AA17 AB02 BA05  
 BA06 BA07 BB02 DC03 DC04  
 DC09 DG08 EA01 EA02 EA06  
 EA07 EA09 EA11 EC01 EC10  
 FA15 FA17 FA24 GA14 HA01Z  
 HA04Z HA05Z HA06Z HB03Z  
 HD05Z HD07Z HE01Z HE08Z  
 3G301 HA01 HA13 HA16 JA04 JA21  
 JA25 KA11 LA03 LB04 LC02  
 LC04 MA01 MA12 NA07 NA09  
 NC04 ND02 ND45 NE03 NE08  
 PA01Z PA07B PA09B PA10B  
 PA11B PB08B PD02B PD14Z  
 PD15Z PE01Z PE08Z

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**